

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

ZAVRŠNI RAD

Vedran Nejašmić

Split, 2015

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

**Usklađivanje rada strojeva prilikom izgradnje
lukobrana**

Završni rad

Split, 2015

Sažetak:

U ovom završnom radu rješava se problem usklađivanja rada strojeva prilikom izgradnje lukobrana. Cilj je postizanje što veće učinkovitosti uz zadovoljavajuću kvalitetu, i završetak svih radova unutar zadanog vremenskog roka.

Ključne riječi:

Lukobran, učinkovitost, strojevi i rok izgradnje.

Coordination of the machinery during the construction of the breakwater

Abstract:

The aim of this final thesis is to resolve the problem of the synchronisation of the machinery during the construction of the breakwater. The purpose is to achieve maximum efficiency with suitable quality and completion of work within the given time frame.

Keywords:

Breakwater, efficiency, machinery and dead line.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA

KANDIDAT: Vedran Nejašmić

BROJ INDEKSA: 4033

KATEDRA: Katedra za organizaciju i ekonomiku građenja

PREDMET: Proizvodnja u građevinarstvu

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema: Usklađivanje rada strojeva prilikom izgradnje lukobrana

Opis zadatka: Student će na temelju teorijskog znanja prezentirati hipotetski slučaj tvrtke koje ima zadatak odabrati i uskladiti rad dijela strojeva za konkretan primjer izgradnje lukobrana.

U Splitu, 1.04.2015.

Voditelj Završnog rada:

Prof.dr.sc Snježana Knezić



Zadatak:

U ovome zadatku pokušat ću riješiti hipotetski problem izgradnje lukobrana kojeg će izvoditi zamišljena tvrtka, u zadanim uvjetima i rokovima. Cilj zadatka je riješiti problem usklađivanja rada i strojeva uz što manje gubitke i uz što veću učinkovitost.

Radi se o nasipavanju lukobrana volumena 12000 m^3 , u dvije faze, sa zadanim rokom izgradnje od 60 dana zbog početka turističke sezone i zabrane radova u tom području.

U prvoj fazi izrađuje se prilazna cesta te uređuje gradilište veličine potrebne za manevriranje strojeva koji sudjeluju u gradnji. Nakon uređenja gradilišta vrši se ugradnja masivnog sloja lukobrana krupnim agregatom dovezenim s obližnjeg gradilišta gdje je isti materijal višak kod iskopa uslijed izgradnje autoceste.

U drugoj fazi vrši se: nasipavanje i razastiranje lukobrana sitnim agregatom kupljenim u kamenolomu, planiranje te nabijanje površine te naposljetku betoniranje.

Detaljniji opis radova i strojeva uključenih u proizvodni proces kao i njihov odabir i usklađivanje opisani su u sljedećim poglavljima.

SADRŽAJ

1. Opis tvrtke
2. Opis posla
3. Razrada radova
4. Odabir strojeva
5. Usklađivanje rada strojeva
6. Zaključak
7. Literatura

1.OPIS TVRTKE

Djelatnost male tvrtke (40-tak zaposlenih) je građenje, sanacija te izvođenje pripremnih radova objekata niskogradnje, pretežno obalnih konstrukcija.

Tvrtka je osnovana 2009. godine i 100% je u privatnom vlasništvu.

Direktor i vlasnik tvrtke je osnovao je tvrtku nakon 13 godina radnog iskustva u građevinskom poduzeću. Stečeno iskustvo i znanje je iskoristio pri osnivanju i vođenju vlastite tvrtke.

Tvrtka posjeduje licencu na rok od 5 godina za izvođenje radova na građevinama visokogradnje i niskogradnje.

1.1. SRATEŠKI CILJEVI:

- U potpunosti ostvariti zadovoljstvo svojih klijenata
- Konkurrirati na tržištu
- Unaprijeđenje kvaliteta usluge
- Dodatno kvalificirati i unaprijediti svoje osoblje
- Održavati imidž tvrtke
- Ispunjavati dogovorene rokove gradnje

1.2.STROJEVI KOJE TVRTKA POSJEDUJE:

- **2 utovarivača 908H2 Wheel Loader** (Slika 2.1)
- Zapremnina žlice 1,10 m³
- Širina žlice 2060 mm
- Težina 6465 kg
- Snaga 68,8 KW
- Godina proizvodnje 2012.
- 1500 sati rada $K_d = 1,0$



Slika 2.1. Utovarivač tvrtke Caterpillar 908H2 Wheel Loader
(izvor: http://www.cat.com/en_ID/products/new/equipment/wheel-loaders/compact-wheel-loaders/18351423.html)

- **4 Dampera Volvo A25F**(Slika 2.3.)
- Snaga: 235 kW
- Nosivost: 24 tona
- Zapremina na vrh: 11,7 m³
- Težina praznog dampera: 24000kg
- Težina punog dampera (maksimalna): 48000 kg
- Brzina punog dampera: 10 km/h
- Brzina praznog dampera: 15 km/h
- Godina proizvodnje 2012.
- 1500 sati rada $K_d = 1,0$



Slika 2.3. Damper tvrtke Volvo A25F

(izvor: http://www.volvoce.com/SiteCollectionDocuments/VCE/Documents%20Global/articulated%20haulers/ProductBrochure_A25F_A30F_EN_21A1006560.pdf)

- **3 Kamiona kipera Iveco TRAKKER AD380T38H-3820 6x4 (Slika 2.4.)**
- Snaga: 380 HP / 283 Kw
- Godina proizvodnje 2012.
- 2000 sati rada $K_d = 0,98$
- Kapacitet: 40 m³
- Max brzina punog kamiona: 100 km/h
- Max brzina praznog kamiona: 140 km/h



Slika 2.4. TRAKKER AD380T38H-3820 6x4

(izvor: <https://www.pktrucks.com/stock/view/iv2932-Iveco-TRAKKER-AD380T38H-3820-6x4-chassis-cabin-new/>)

- **2 dozera CATERPILLAR D7E** (Slika 2.4.)
- Snaga: 380 HP / 283 Kw
- Godina proizvodnje 2009.
- 2000 sati rada $K_d = 0,90$
- Kapacitet noža: $3,4 \text{ m}^3$



Slika 2.4. **dozer CATERPILLAR D7E**

(izvor: http://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/dozers/medium-dozers/18429156.html)

- **1 grejder Caterpillar 12M3** (Slika 2.4.)
- Širina noža $b=3,5\text{m}^2$
- Korisna širina noža $b=3,2\text{m}^2$
- Srednja brzina planiranja $v=5\text{km/h}=1,38\text{m/s}$
- Koeficijent iskorištenosti radnog vremena $K_v = 0.75$
- 500 sati rada $K_d = 0,95$



Slika 2.4. dozer CATERPILLAR D7E

(izvor: http://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/motor-graders/m-series-motor-graders/18552888.html)

2.OPIS POSLA

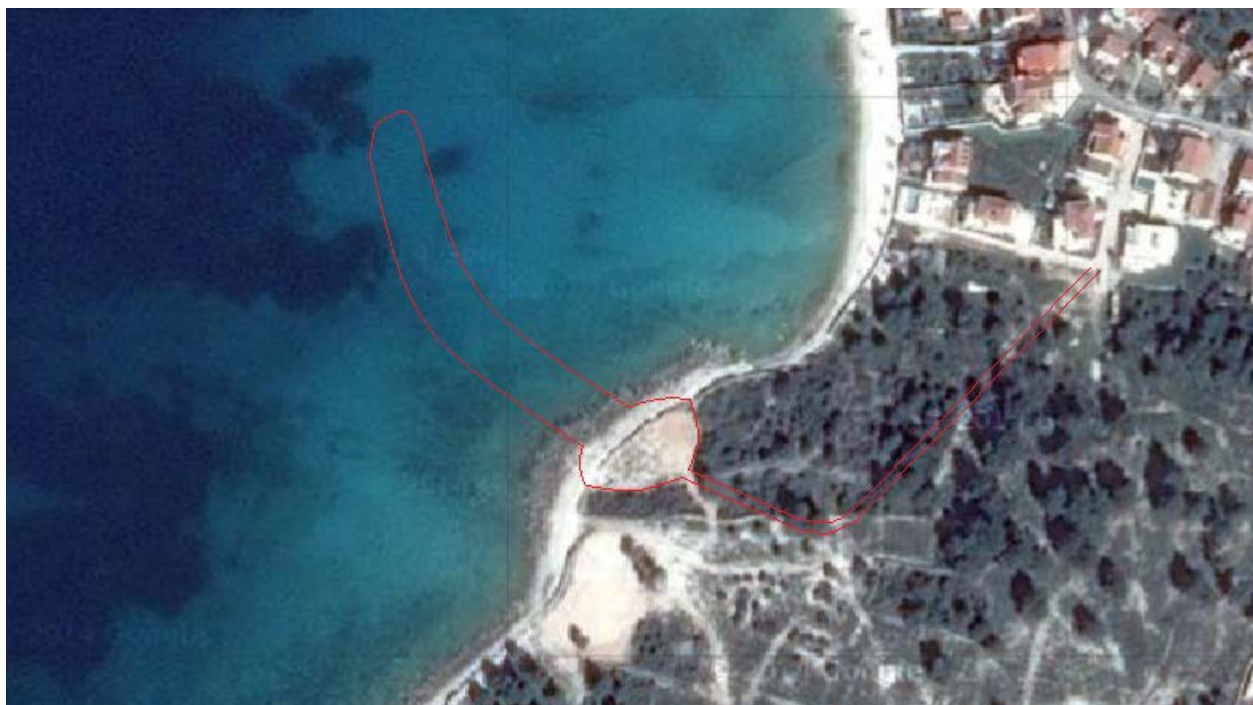
I. FAZA

U prvoj fazi dozerima se izgrađuje pristupna cesta i uređuje samo gradilište kako bi svim strojevima manevriranje bilo neometano. Paralelno s dozerima utovarivači vrše utovar iskopanog materijala u dampere koji ga odvoze na obližnji deponij udaljen 1 kilometar. Nakon završetka pripremnih radova vrši se nasipavanje lukobrana volumena $12\,000\text{ m}^3$ krupnim agregatom sa gradilišta udaljenog 55 km od mjesta građenja, gdje je krupni kameni agregat višak kod iskopa za izgradnju autoceste. Investitor je pristao na otkup materijala koji je zadovoljavajuće kvalitete po više nego povoljnoj cijeni uz dogovor da će utovar i transport obaviti tvrtka.

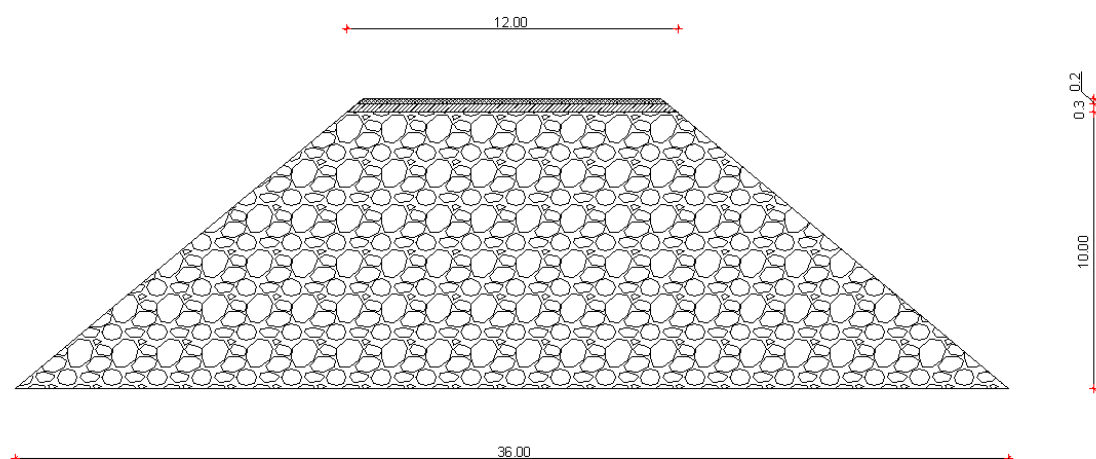
II. FAZA

U drugoj fazi obavlja se transport 2000 m^3 sitnog agregata iz kamenoloma udaljenog 30 km kamionima kiperima. Zatim se dozerima vrši razastiranje materijana nakon čega se grejderom vrši planiranje. Po završetku planiranja valjkom se površina nabija te betonira direktno iz automješalica betonom kupljenim u betonari uz paralelno vibriranje pervibratorima. U zadnjoj fazi vrši se odvoz viška materijala damperima na deponij udaljen 1000 m.

Slika 2.1. Lokacija lukobrana: slika gradilišta i pristupnog puta.



Slika 2.2. Poprečni presjek lukobrana:



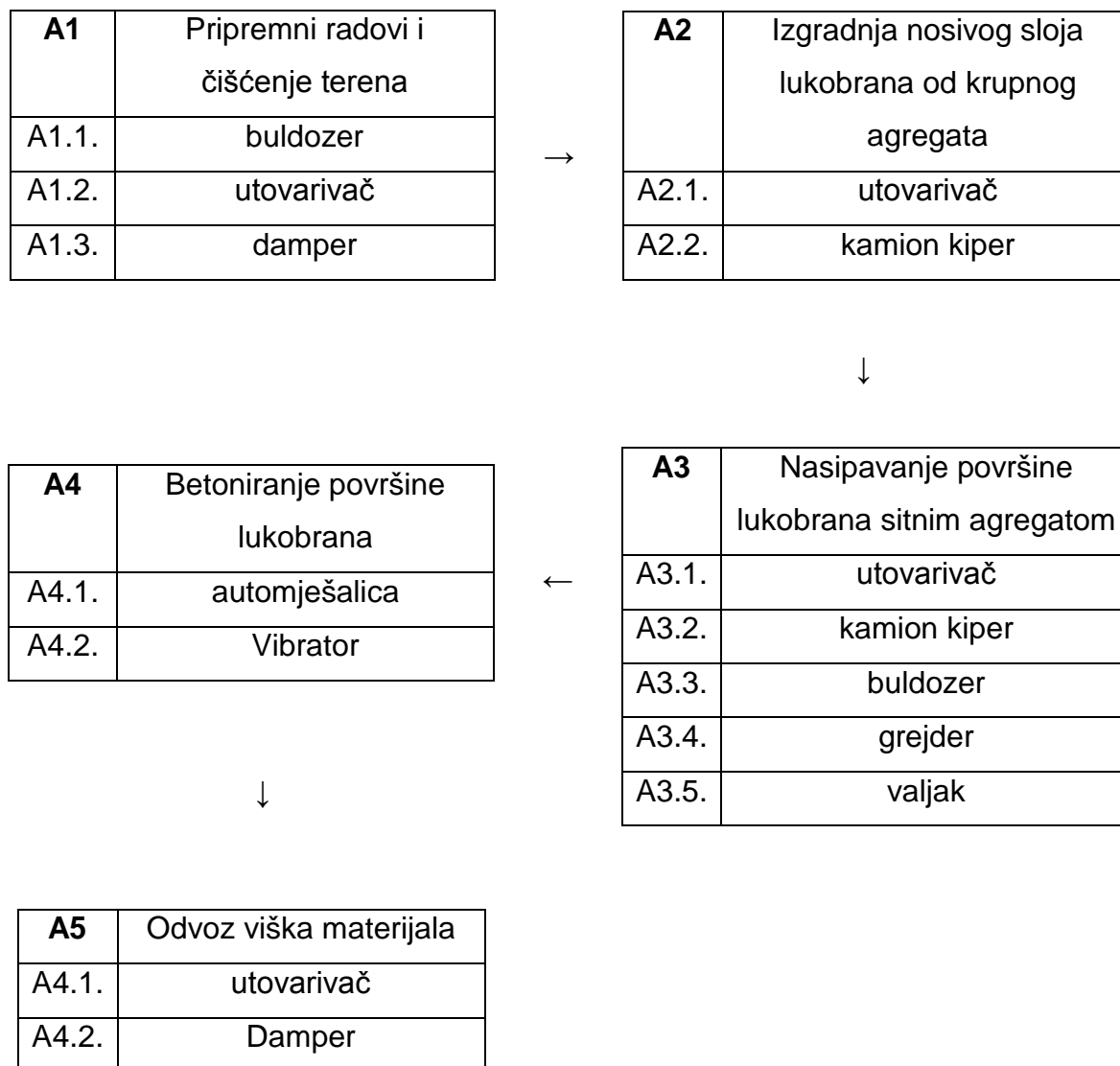
3.RAZRADA RADOVA

Radovi na projektu se mogu razvrstati u slijedeće aktivnosti i podaktivnosti

Tablica 4.1.Prikaz aktivnosti i odgovarajućih strojeva

GLAVNE AKTIVNOSTI		PODAKTIVNOSTI		STROJEVI
A1	Pripremni radovi	A1.1.	Izgradnja pristupne ceste i guranje materijala na hrpe	buldozer
		A1.2.	Utovar materijala	utovarivač
		A1.3.	Odvoz materijala na deponij	damper
A2	Izgradnja sloja lukobrana od krupnog agregata	A2.1.	Utovar krupnog agregata	utovarivač
		A2.2.	Prijevoz i istovar krupnog agregata direktno u lukobran	kamion kiper
A3	Nasipavanje površine lukobrana sitnim agregatom	A3.1.	Utovar agregata u kamenolomu	utovarivač
		A3.2.	Dovoz materijala iz kamenoloma	kamion kiper
		A3.3.	Razastiranje materijala	buldozer
		A3.4.	Planiranje površine lukobrana	grejder
		A3.5.	Nabijanje površine lukobrana	valjak
A4	Betoniranje površine lukobrana	A4.1.	Dovoz i ugradnja svježeg betona iz betonare	automješalica
		A4.3.	Vibriranje svježeg betona	vibrator
A5	Odvoz viška materijala	A5.1.	Utovar viška materijala	utovarivač
		A5.2.	Prijevoz i istovar viška materijala	damper

Slijed aktivnosti za zadane radove (strojevi) je prikazan na slici 4.2.



4.ODABIR STROJEVA

U tablici 4.1. prikazano je koliko je strojeva potrebno, koliko ih tvrtka posjeduje i koliko će ih uzeti u najam. Iz toga možemo zaključiti: $N_{\text{potrebno}} - N_{\text{tvrtka}} = N_{\text{najam}}$, N predstavlja broj strojeva.

Tablica 4.1. Prikaz broja potrebnih strojeva, koliko ih tvrtka posjeduje i koliko će ih uzeti u najam:

STROJEVI	POTREBNO	TVRTKA	NAJAM
Buldozer	3	2	1
Utovarivač	1	2	0
Damper	4	4	0
Kamion kiper	4	3	1
Valjak	1	0	1
Automješalica	2	0	2
Vibrator	7	0	7
Grejder	1	1	0

Izračun točnog broja potrebnih strojeva nalazi se u sljedećem poglavlju.

Nakon prethodne analize iz tablice ustanovljeno je da tvrtka posjeduje odgovarajući broj utovarivača, dampera, vibratora i grejdera. Međutim za izvršenje projekta potrebno je u najam uzeti sljedeće strojeve: 1 buldozer, 1 kamion kiper, 1 valjak, 2 automješalice i 7 pervibratora.

Strojevi kojima raspolaže tvrtka : 2 utovarivača 908H2 Wheel Loader

4 Dampera Volvo A25F

3 Kamiona kiperi Iveco TRAKKER AD380T-38x4

1 dozer CATERPILLAR D7E

1 grejder Caterpillar 12M

Strojevi koje će tvrtka uzeti u najam :

- **1 Buldozer CAT D4H LGP** (slika 4.1)
- Snaga: 380 HP / 283 Kw
- Godina proizvodnje 2009.
- 2000 sati rada $K_d = 0,90$
- Kapacitet noža: $3,4 \text{ m}^3$
- širina gusjenice: 750 mm



Slika 4.1. dozer CATERPILLAR D7E

(izvor: <http://www.njuskalo.hr/buldozeri/buldozer-cat-d4h-lgp-oglas-15607000>)

- **1 Kamion kiper Iveco TRAKKER AD380T38H-3820 6x4 (Slika 2.4.)**
- Snaga: 380 HP / 283 Kw
- Godina proizvodnje 2012.
- 2000 sati rada $K_d = 0,98$
- Kapacitet: 40 m³
- Max brzina punog kamiona: 100 km/h
- Max brzina praznog kamiona: 140 km/h



Slika 4.2. TRAKKER AD380T38H-3820 6x4

(izvor: <https://www.pktrucks.com/stock/view/iv2932-Iveco-TRAKKER-AD380T38H-3820-6x4-chassis-cabin-new/>)

- **1 Valjak CAT CC24B** (Slika 4.3.)
- Brzina kretanja valjka $v_v=5000$ m/h
- Debljina nasutog sloja $d=30$ cm
- Korisna širina valjka $b=2$ m
- Broj prijelaza valjka po jednom traku $n=4$
- Koeficijent dotrajalosti stroja $K_d=1.0$



Slika 4.3. CC24B

(izvor: http://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/compactors/tandem-vibratory-rollers/18548134.html)

- **2 Automješalice CAT CT681 (Slika 4.4.)**
- Snaga: 324 kW
- Težina: 32 tone
- Zapremnina automješalice: $q=9 \text{ m}^3$
- Prosječna brzina pune automješalice $v=35\text{km/h}$
- Prosječna brzina prazne automješalice $v=60\text{km/h}$



Slika 4.4. automješalica CAT CT681

(izvor:http://www.cat.com/en_US/products/new/by-industry/on-highway-truck.html)

- **7 Pervibratora KS 220V** (slika 4.5)
- Duljina cijevi 2m
- Godina proizvodnje 2014.
- d (debljina igle)=80 mm
- R (radijus djelovanja)=45 cm
- $K_v=1,0$



Slika 4.5. Pervibrator

(izvor: <http://www.tehnopan.com/w/niskogradnja/pervibrator-za-beton/>)

5.USKLAĐIVANJE RADA STROJEVA

Kako bi se projekt uspješno izvršio treba uskladiti rad strojeva. Proračun je izvršen tako da su strojevi tijekom radnog vremena maksimalno iskorišteni kako bi se osigurao minimalan prazan hod uz uvjet da radovi budu gotovi unutar zadanog roka.

A1 PRIPREMNI RADOVI I ČIŠĆENJE TERENA

- ▶ Usklađivanje rada buldozera, utovarivača i dampera

Potrebni podaci:

- ▶ q – volumen lopate buldozera ($3,4 \text{ m}^3$)
- ▶ q – volumen lopate utovarivača ($1,1 \text{ m}^3$)
- ▶ K_r – koeficijent rastresitosti tla (za IV. kategoriju odabrano 0,74)
- ▶ K_v – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (za 54 min čistog rada po satu odabrano 0,90)
- ▶ T_c – trajanje ciklusa buldozera (vrijeme istovara, transporta, okretaja, punjenja, uzimamo 90 s)
- ▶ d – udaljenost na koju se odvozi materijal (1000 m)
- ▶ q – volumen sanduka dampera ($11,7 \text{ m}^3$)
- ▶ N – nosivost dampera (24 000 kg)
- ▶ ρ – specifična gustoća materijala ($1\,600 \text{ kg/m}^3$)

Proračun:

- ▶ **Buldozer**
- ▶ Teorijski učinak : $U_t = 3600 \cdot q / T_c = 3600 \cdot 3,4 / 90 = 136 \text{ (m}^3/\text{h)}$
- ▶ Stvarni učinak : $U_p = U_t \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d = 136 \cdot 0,74 \cdot 0,90 \cdot 1,0 = 90,58 \text{ (m}^3/\text{h)}$
- ▶ Ciklus : $T_c = T_i + T_{tr} + T_{pov} + T_o = 90 \text{ (s)}$

► **Utovarivač**

- Teorijski učinak : $U_t = 3600 \cdot c / T_c = 3600 \cdot 1,1 / 90 = 44 \text{ (m}^3/\text{h)}$
- $U_p = U_t \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d \text{ (m}^3/\text{h)} = 44 \cdot 0,74 \cdot 0,90 \cdot 0,91 = 29,3 \text{ (m}^3/\text{h)}$
- Ukupan broj buldozera: $U_{p\text{BULDOZER}} / U_{p\text{UTOVARIVAČ}} = 90,58 / 29,3 = 3 \text{ buldozera}$

► **Damper**

- provjera nosivosti = $24\,000 / 1600 = 15 \text{ m}^3$, zadovoljavajuće.
- $T(\text{utovar}) = q / U_p = 11,7 / 29,3 = 1437 \text{ (s)}$
- $T(\text{puna+prazna voznja}) = d/v_{\text{pun}} + d/v_{\text{pra}} = 1/10 + 1/15 = 600 \text{ (s)} = 10 \text{ min}$
- $T(\text{istovar}) = 40 \text{ (s)}$
- $T(\text{manevra}) = 120 \text{ (s)}$
- Ciklus : $T_c = T_i + T_u + T_v + T_m = 2197 \text{ (s)} = 37 \text{ min}$

Izračun broja potrebnih dampera:

- $N_{\text{potrebnih dampera}} = \text{ciklus dampera} / \text{vrijeme utovara} = T_c / T_u =$
 $2197 / 1437 = \mathbf{2 \text{ dampera (damper čeka)}}$

Vrijeme potrebno za čišćenje:

$$T = V(\text{otpada}) / U_p (\text{buldozera}) = 1500 / 271,71 = \mathbf{5,52 \text{ (sati)}} \approx \mathbf{1 \text{ radni dan}}$$

Zaključak: Potrebno nam je **3 buldozera i 1 utovarivač i 2 dampera** kako bi dobili najbolji učinak iskoristivosti radnog vremena i strojeva.

A2 DOVOZ KRUPNOG AGREGATA I ISTOVAR DIREKTNO U LUKOBRAN

- ▶ Usklađivanje rada utovarivača i kamiona kiper

Potrebni podaci:

- ▶ Kr – koeficijent rastresitosti materijala (odabrano 0,84)
- ▶ Kv – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (za 54 min čistog rada po satu odabrano 0,90)
- ▶ Tc – trajanje ciklusa utovarivača (vrijeme istovara, transporta, okretaja, punjenja, uzimamo 90 s)
- ▶ d – udaljenost na koju se odvozi materijal (50 km)
- ▶ q – volumen kamiona kiper (40 m³)
- ▶ brzina praznog kamiona 80 km/h
- ▶ brzina punog kamiona 65 km/h

Proračun:

▶ Utovarivač

- ▶ Teorijski učinak : $U_t = 3600 \cdot c / T_c = 3600 \cdot 1,1 / 90 = 44 \text{ (m}^3/\text{h)}$
- ▶ $U_p = U_t \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d \text{ (m}^3/\text{h)} = 44 \cdot 0,74 \cdot 0,90 \cdot 0,91 = 29,3 \text{ (m}^3/\text{h)}$

▶ Kamion kiper

- ▶ $T(\text{utovar}) = q / U_p = 11,7 / 29,3 = 1437 \text{ (s)}$
- ▶ $T(\text{puna} + \text{prazna voznja}) = d / v_{\text{pun}} + d / v_{\text{pra}} = 50 / 60 + 50 / 80 = 5250 \text{ (s)} = 87,5 \text{ min}$
- ▶ $T(\text{istovar}) = 120 \text{ (s)}$
- ▶ $T(\text{manevra}) = 100 \text{ (s)}$
- ▶ Ciklus : $T_c = T_i + T_u + T_v + T_m = 5470 \text{ (s)} = 91 \text{ min}$

Izračun broja potrebnih kamiona kipera:

- $N_{\text{potrebnih kamiona}} = \text{ciklus kamiona} / \text{vrijeme utovara} = T_c / T_u = 5470 / 1437 = 4$
kamiona kipera

Vrijeme potrebno za prijevoz materijala:

$$T = V(\text{krupnog agregata}) / U_p (\text{utovarivača}) = 12000 / 29,3 = 409,56 \text{ (sati)}$$

≈ 51 radni dan

Zaključak: Potrebno nam je **4 kamiona kipera i 1 utovarivač** kako bi dobili najbolji učinak iskoristivosti radnog vremena i strojeva.

A3 NASIPAVANJE POVRŠINE LUKOBRANA SITNIM AGREGATOM

- ▶ Usklađivanje rada utovarivača, kamiona kiperi, dozera, grejdera i valjka

Potrebni podaci:

- ▶ q – volumen lopate utovarivača ($1,1 \text{ m}^3$)
- ▶ K_r – koeficijent rastresitosti materijala (odabrano 0,84)
- ▶ K_v – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (za 54 min čistog rada po satu odabrano 0,90)
- ▶ T_c – trajanje ciklusa utovarivača (vrijeme istovara, transporta, okretaja, punjenja, uzimamo 90 s)
- ▶ d – udaljenost na koju se odvozi materijal (30 km)
- ▶ q – volumen kamiona kiperi (40 m^3)
- ▶ brzina praznog kamiona 80 km/h
- ▶ brzina punog kamiona 65 km/h
- ▶ Vrijeme koje je dozeru potrebno za guranje $T_{tr} = 65 \text{ s}$
- ▶ Vrijeme koje je dozeru potrebno za povratak $T_{pov} = 45 \text{ s}$
- ▶ Koeficijent rastresitosti $K_r = 0.90$
- ▶ $V_{sm} = 2000 \text{ m}^3$
- ▶ q – volumen lopate buldozera ($3,4 \text{ m}^3$)

Proračun:

► Utovarivač

- Teorijski učinak : $U_t = 3600 \cdot c / T_c = 3600 \cdot 1,1 / 90 = 44 \text{ (m}^3/\text{h)}$
- $U_p = U_t \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d \text{ (m}^3/\text{h)} = 44 \cdot 0,90 \cdot 0,90 \cdot 0,91 = 35,64 \text{ (m}^3/\text{h)}$

► Kamion kiper

- $T(\text{utovar}) = q / U_p = 11,7 / 29,3 = 1437 \text{ (s)}$
- $T(\text{puna+prazna voznja}) = d / v_{\text{pun}} + d / v_{\text{pra}} = 40 / 60 + 40 / 80 = 4200 \text{ (s)} = 70 \text{ min}$
- $T(\text{istovar}) = 60 \text{ (s)}$
- $T(\text{manevra}) = 40 \text{ (s)}$
- Ciklus : $T_c = T_i + T_u + T_v + T_m = 4300 \text{ (s)} = 72 \text{ min}$

Izračun broja potrebnih kamiona kipera:

- $N_{\text{potrebnih kamiona}} = \text{ciklus kamiona} / \text{vrijeme utovara} = T_c / T_u = 4330 / 1437 = 3$
kamiona kipera

► Buldozer

- $T_c = T_{\text{GURANJA}} + T_{\text{POVRATKA}} = 45 + 65 = 110 \text{ (s)}$
- Teorijski učinak : $U_t = 3600 \cdot c / T_c = 3600 \cdot 3,4 / 110 = 111,27 \text{ (m}^3/\text{h)}$
- Stvarni učinak : $U_p = U_t \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d = 111,27 \cdot 0,74 \cdot 0,90 \cdot 1,0 = 74,11 \text{ (m}^3/\text{h)}$

Izračun broja potrebnih buldozera:

- Ukupan broj buldozera: $U_p_{\text{BULDOZER}} / U_p_{\text{UTOVARIVAČ}} = 74,11 / 35,64 = 2$
buldozera

► **Grejder**

- Širina noža $b=3,5\text{m}^2$
- Korisna širina noža $b=3,2\text{m}^2$
- Srednja brzina planiranja $v=5\text{km/h}=1,38\text{m/s}$
- Broj prijelaza $n=5$
- Koeficijent iskorištenosti radnog vremena
- $K_v = 0.75$
- Koeficijent preklapanja prijelaza $K_{\text{prekl}} = 0,95$
- *u koeficijent iskoristenja radnog vremena uračunat je i gubitak zbog okretanja i manevriranja stroja.
- Koeficijent dotrajalosti stroja $K_d = 0.90$
- Teorijski učinak grejdera:
$$U_t^G = (v \cdot b) / n$$
$$U_t^G = ((1,38 \cdot 3.2) / 5) \cdot 3600 = 3477 \text{ m}^2/\text{h}$$
- Teorijski učinak grejdera:
$$U_p^G = ((V \cdot d \cdot b) / n) \cdot K_v \cdot K_{\text{prekl}} \cdot K_d$$
$$U_p^G = ((1,38 \cdot 3.2) / 5) \cdot 3600 \cdot 0,75 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 2229,6 \text{ m}^2/\text{h}$$
- Vrijeme potrebno za planiranje:
$$A / U_p^G = 600 / 2229,6 = 0,27\text{h}$$

► **Valjak**

- Brzina kretanja valjka $v_v=5000 \text{ m/h}$
- Debljina nasutog sloja $d=30 \text{ cm}$
- Korisna širina valjka $b=2 \text{ m}$
- Broj prijelaza valjka po jednom traku $n=4$
- Koeficijent dotrajalosti stroja $K_d=1.0$
- Vrijeme čistog rada $t_R=52 \text{ min}$

- ▶ Teorijski učinak valjka:

$$U_t^v = ((v \cdot d \cdot b) / n)$$

$$U_t^v = ((4000 \cdot 0,3 \cdot 2) / 10) = 240 \text{ m}^3/\text{h}$$

- ▶ Planski učinak valjka:

$$U_p^v = ((v \cdot d \cdot b) / n) \cdot (t_R / 60)$$

$$U_p^v = ((4000 \cdot 0,3 \cdot 2) / 10) \cdot (52 / 60) = 208 \text{ m}^3/\text{h}$$

- ▶ Vrijeme potrebno za nabijanje površinskog sloja nasipa:

$$V / U_{pv} = 180 / 208 = 0,87 \text{ h}$$

Zaključak: Potrebno nam je **3 kamiona kiperi, 1 utovarivač i 2 buldozera** kako bi dobili najbolji učinak iskoristivosti radnog vremena i strojeva. Kako planiranje i nabijanje površinskog sloja počinje tek nakon što je razastiranje gotovo, usklađivanje **1 grejdera i 1 valjka** s ostalim strojevima nije potrebno, operacije se odvijaju po završetku prethodne.

A4 BETONIRANJE I VIBRIRANJE POVRŠINE LUKOBRANA

- ▶ Usklađivanje rada automješalice i pervibratora

Potrebni podaci:

- ▶ Kv – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (za 54 min čistog rada po satu odabrano 0,95)
- ▶ Tc – trajanje ciklusa automješalice
- ▶ $T_c = T_u + T_p + T_i$
- ▶ Trajanje utovara - 180s
- ▶ Trajanje puta – odvoz i povratak
 $= (7/35 + 7/60) * 3600 = 1140s = 19 \text{ min}$
- ▶ Trajanje istovara – 1200s
- ▶ $T_c = 2520s$
- ▶ $K_d = 1,0$
- ▶ d – udaljenost na koju se odvozi materijal (7 km)
- ▶ Zapremnina automješalice: $q = 9 \text{ m}^3$
- ▶ Prosječna brzina pune automješalice $v = 35 \text{ km/h}$
- ▶ Prosječna brzina prazne automješalice $v = 60 \text{ km/h}$

▶ Automješalice

- ▶ Teorijski učinak automješalice:

$$U_t^a = (q/T_c) * 3600$$

$$U_t^a = (9/2520) * 3600 = 28,86 \text{ m}^3/\text{h}$$

- ▶ Planski učinak automješalice:

$$U_p^a = (q/T_c) * 3600 * K_d * K_v$$

$$U_p^a = (9/2520) * 3600 * 1,0 * 0,95 = 27,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

► **Pervibrator**

- d (debljina igle)=80 mm
- R (radijus djelovanja)=45 cm
- $T_c=25s(\text{vrijeme vibriranja})+5s(\text{vrijeme premještanja})=30s$
- $K_v=1,0$
- Planski učinak pervibratora:

$$U_p^p = 2 \cdot R^2 \cdot d \cdot 3600 / T_c \cdot K_v$$

$$U_p^p = 2 \cdot 0,45^2 \cdot 0,080 \cdot 3600 / 30 \cdot 1,0 = 3.89 \text{ m}^3/\text{h}$$

Izračun broja potrebnih pervibratora:

- Ukupan broj pervibratora: $U_{p_{\text{AUTOMJEŠALICA}}} / U_{p_{\text{PERVIBRATORA}}} = 27,42/3,89 = 7$
pervibratora
- Volumen betona kojeg je potrebno ugraditi $V=110 \text{ m}^3$
- Vrijeme potrebno za betoniranje površinskog sloja nasipa:
 $V / U_{pa} = 110/17,42 = 4 \text{ sata} + \text{vibriranje} \approx 1 \text{ radni dan}$

Zaključak: Vrijeme puta i utovara približno je jednako vremenu istovara tj. ugradnje, stoga odabiremo **2 automješalice** kako bi se ugradnja odvijala u kontinuitetu. Vibriranje se odvija u kontinuitetu sa betoniranjem sa **7 pervibratora**.

A5 ODVOZ VIŠKA MATERIJALA

- ▶ Usklađivanje rada automješalice i pervibratora

Potrebni podaci:

- ▶ q – volumen lopate utovaivača ($1,1 \text{ m}^3$)
- ▶ K_r – koeficijent rastresitosti tla (za IV. kategoriju odabrano 0,74)
- ▶ K_v – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (za 54 min čistog rada po satu odabrano 0,90)
- ▶ d – udaljenost na koju se odvozi materijal (500 m)
- ▶ q – volumen sanduka dampera ($11,7 \text{ m}^3$)
- ▶ N – nosivost dampera (24 000 kg)
- ▶ ρ – specifična gustoća materijala ($1 600 \text{ kg/m}^3$)

▶ Utovarivač

- ▶ Teorijski učinak : $U_t = 3600 \cdot q / T_c = 3600 \cdot 1,1 / 90 = 44 \text{ (m}^3/\text{h)}$
 $U_p = U_t \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d \text{ (m}^3/\text{h)} = 44 \cdot 0,74 \cdot 0,90 \cdot 0,91 = 29,3 \text{ (m}^3/\text{h)}$

▶ Damper

- ▶ provjera nosivosti = $24\ 000 / 1600 = 15 \text{ m}^3$, zadovoljavajuće
- ▶ $T(\text{utovar}) = q / U_p = 11,7 / 29,3 = 1437 \text{ (s)}$
- ▶ $T(\text{puna+prazna voznja}) = d/v_{\text{pun}} + d/v_{\text{pra}} = 1/10 + 1/15 = 600 \text{ (s)} = 10 \text{ min}$
- ▶ $T(\text{istovar}) = 40 \text{ (s)}$
- ▶ $T(\text{manevra}) = 120 \text{ (s)}$
- ▶ Ciklus : $T_c = T_i + T_u + T_v + T_m = 2197 \text{ (s)}$

Izračun broja potrebnih dampera:

- ▶ $N_{\text{potrebnih dampera}} = \text{ciklus dampera} / \text{vrijeme utovara} = T_c / T_u =$
 $2197 / 1437 = 2 \text{ dampera (damper čeka).}$

Vrijeme potrebno za čišćenje:

- ▶ $T = V(\text{otpada}) / U_p (\text{utovarivača}) = 1000 / 29,3 = 34,13 \text{ (sati)} = 4 \text{ radna dana}$

Zaključak: Potreban nam je **1 utovarivač i 2 dampera** kako bi dobili najbolji učinak iskoristivosti radnog vremena i strojeva.

6.ZAKLJUČAK

Zaključak:

Za čišćenje terena potrebno nam je 3 buldozera, 1 utovarivač i dva dampera, to znači da će jedan buldozer biti unajmljen. Nakon što se teren očisti, utovarivam se vrši utovar krupnog materijala koji se dalje vrše dovoz i istovar materijala. Tvrtka posjeduje 3 kamiona kiper a kako bi se dovoz odvijao u kontinuitetu a time skratilo ukupno vrijeme prijevoza unajmit će se još jedan kamion.

Za nasipavanje lukobrana sitnim agregatom odabran je agregat iz kamenoloma jer tvrtka ne posjeduje strojeve za usitnjavanje agregata, a ostvaruje se i ušteda na vremenu.

Samo nasipavanje obavlja se direktno iz kamiona kiper a razastiranje se vrši tvrtkinim buldozerom, i radi uštede novca (kako se neće unajmljivati još jedan) i radi poboljšanja učinkovitosti uslijed olakšanog manevriranja. Planiranje će se obaviti unajmljenim grejderom kao i nabijanje unajmljenim valjkom. Strojevi će se unajmiti zbog maloga obujma radova i niske cijene najma koji je ugovoren sa izvođačem autoceste od kojega je kupljen agregat, uz kompenzaciju za dva kamiona kiper a koji su u vlasništvu tvrtke a u ovom trenutku izgradnje nisu potrebni.

Nakon završetka nabijanja površina lukobrana se betonira betonom kupljenim u obližnjoj betonari direktno iz automješalice. Odabrane su dvije automješalice kako bi ugradnja bila u kontinuitetu (zbog postizanja što veće kvalitete betona) . Vibriranje se vrši paralelno sa ugradnjom pomoću 7 unajmljenih pervibratora.

Nakon utvrđenog točnog broja i vrste strojeva, u skladu da je financijski i vremenski isplativo, izračunava se točno vrijeme potrebno za izvršenje projekta.

$$T_{\text{ukupno}} = T_{\text{čišćenje terena i izgradnja pristupne ceste}} + T_{\text{dovoza i ugradnje krupnog agregata}} + T_{\text{uređivanja površinskog sloja}} + T_{\text{betoniranja površinskog sloja}} + T_{\text{odvoza otpada}} = 1 \text{ dan} + 51 \text{ dan} + 1 \text{ dan} + 1 \text{ dan} + 4 \text{ dana}$$
$$T_{\text{ukupno}} = 58 \text{ dana} < 60 \text{ dana}$$

Iz T_{ukupno} se jasno vidi kako će radovi biti završeni u skladu s vremenskim ograničenjem od 60 dana.

Prikaz svih djelatnosti, radova sa strojevima i opisa posla je usklađen te je tvrtka osposobljena da se prebaci na konačnu realizaciju projekta.

7.LITERATURA

7.1. LITERATURA

Eduard Slunjski, STROJEVI U GRAĐEVINARSTVU, Zagreb, 1995.

Rudolf Lončarić, ORGANIZACIJA IZVEDBE GRADITELJSKIH PROJEKATA, Zagreb, 1995

7.2. DRUGI IZVORI

<http://www.teknoxgroup.com/hr/proizvodi/strojevi/buldozeri>

http://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/wheel-loaders/medium-wheel-loaders/18105206.html

http://www.cat.com/en_ID/products/new/equipment/wheel-loaders/compact-wheel-loaders/18351423.html

<https://www.pktrucks.com/stock/view/iv2932-Iveco-TRAKKER-AD380T38H-3820-6x4-chassis-cabin-new/>

http://www.cat.com/en_US/products/new/by-industry/on-highway-truck.html

http://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/motor-graders/m-series-motor-graders/18552888.html

http://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/dozers/medium-dozers/18429156.html

http://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/compactors/tandem-vibratory-rollers/18548134.html

http://www.cat.com/en_US/products/new/by-industry/on-highway-truck.html

<http://www.tehnopan.com/w/niskogradnja/pervibrator-za-beton/>